

TUGAS AKHIR

**UJI PERFORMA *COUNTER ROTATING WIND TURBINE*
(CRWT) DENGAN VARIASI RASIO JARAK AKSIAL ANTAR
ROTOR**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

DAVID EKA PRADINATA

D 200 130 142

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : David Eka Pradinata

NIM : D200130142

Jurusan : Teknik Mesin

Judul Skripsi : *UJI PERFORMA COUNTER ROTATING WIND TURBINE*
(CRWT) DENGAN VARIASI RASIO JARAK AKSIAL ANTAR
ROTOR

Menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sebagian sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya. Apabila di kemudian hari terbukti ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun

Surakarta, 30 November 2017

Yang menyatakan



David Eka Pradinata

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Uji Performa *Counter Rotating Wind Turbine* (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor**" telah disetujui oleh Pembimbing untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh :

Nama : **David Eka Pradinata**

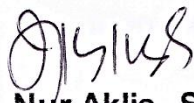
NIM : **D 200 130 142**

Disetujui pada :

Hari : **Sabtu**

Tanggal : **2 Desember 2017**

Pembimbing Utama



Nur Aklis, S.T., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul “**Uji Performa Counter Rotating Wind Turbine (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor**” yang dipertahankan di hadapan dewan penguji dan disahkan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Disusun oleh :

Nama : **David Eka Pradinata**

NIM : **D 200 130 142**

Disahkan pada :

Hari : **Sabtu**

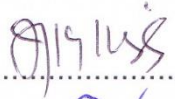
Tanggal : **2 Desember 2017**

Tim Penguji :

Ketua : **Nur Aklis, S.T., M.Eng.**

Anggota 1 : **Patna Partono, S.T., M.T.**

Anggota 2 : **Ir. Sunardi Wiyono, M.T.**

()
()
()

Mengetahui,


Dekan

Ir. Sri Sunarjono MT. Ph.D

Ketua Jurusan

Ir. Subroto. MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Bedasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nomor150/II/2016.....Tanggal 8 September 2016

Dengan ini :

Nama : Nur Aklis, ST., M.Eng.

Pangkat/jabatan : -

Kedudukan : Pembimbing Utama

Memberikan soal tugas akhir kepada Mahasiswa :

Nama : David Eka Pradinata

Nomor Induk : D200130142

NIMR : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

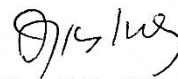
Judul/Topik : Uji Performa Counter Rotating Wind Turbine (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor.

Rincian Soal/Tugas : Merancang, Membuat dan Menguji Performa Counter Rotating Wind Turbine (CRWT) Dengan Variasi Jarak Aksial Antara Rotor Depan Dan Rotor Belakang

Demikian soal tugas akhir dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 23 November 2017

Pembimbing



Nur Aklis, ST., M.Eng.

Keterangan :

*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk kajur

2. Warna kuning untuk pembimbing I

3. Warna merah untuk pembimbing II

4. warna putih untuk mahasiswa

Uji Performa *Counter Rotating Wind Turbine* (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor

ABSTRAK

Potensi energi angin di Indonesia sebesar 970 MW, namun kapasitas yang terpasang hanya sebesar 1,96 MW. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan teknologi turbin angin. Salah satu turbin angin yang dapat dikembangkan adalah turbin angin jenis *Counter Rotating Wind Turbine* (CRWT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio jarak aksial terhadap performa CRWT.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan memvariasikan jarak aksial antara rotor depan dan belakang. Rasio jarak aksial adalah jarak antar rotor dibagi dengan diameter rotor (X/D). Rasio jarak aksial yang digunakan adalah 0,05 sampai 0,30 dengan kelipatan 0,05. Dengan demikian, dapat diketahui rasio jarak aksial yang paling optimal pada CRWT. Desain diameter rotor sebesar 1 m, menggunakan airfoil NREL S826 dan TSR (Tip Speed Ratio) sebesar 6. Turbin diuji dengan kecepatan angin 3,5 m/s dan 4m/s.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi rasio jarak aksial pada CRWT memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap putaran kedua rotor, daya yang dihasilkan dan coefficient of power (CP). Rasio jarak aksial antara rotor depan dengan rotor belakang yang optimal adalah sebesar 0,05.

Kata kunci : *Counter Rotating Wind Turbine*, diameter rotor, performa turbin, rasio jarak aksial

Uji Performa Counter Rotating Wind Turbine (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor

ABSTRACTS

The potential of wind energy in Indonesia is 970 MW, but the installed capacity of 1.96 MW. Therefore, it is necessary to develop wind turbine technology. One wind turbine that can be developed is a wind turbine type Counter Rotating Wind Turbine (CRWT). This study aims to determine the effect of axial distance ratios on CRWT performance

This research used experimental method by varying the axial distance between the front and rear rotor. The ratio of axial distance is the distance between the rotor divided by the rotor diameter (X / D). The axial distance ratio used was 0.05 to 0.30 with a multiple of 0.05. Thus, it is possible to know the ratio of the most optimal axial distance to CRWT. The design of rotor diameter is 1 m, using NREL S826 airfoil and TSR (Tip Speed Ratio) is 6. Turbine tested with wind speed 3.5 m/s and 4 m/s.

The results of this study indicates that the variation of the axial distance ratio on CRWT has a significant influence on the second rotation of the rotor, the power generated and the coefficient of power. the optimum axial distance ratio of the rotors is 0.05

Keywords: Counter Rotating Wind Turbine, rotor diameter, turbine performance, axial distance ratio

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan”.

(Qs.al-Mujadalah:11)

“Untuk jadi maju memang banyak hambatan. Kecewa se menit dua menit boleh, tetapi setelah itu harus bangkit lagi.”

(Joko Widodo)

“ Harus selalu konsisten dalam menekuni suatu disiplin ilmu yang di pelajari. Karena dengan konsisten adalah kunci keberhasilan yang sebenarnya.”

(B.J. Habibie)

PERSEMBAHAN

Puji syukur Alhamdulillah, hamba panjatkan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan karya sederhana ini dengan baik. Solawat serta salam penulis kirimkan kepada Rasulullah, sehingga sampai sekarang indahnya iman dan Islam masih terasa. Dengan rasa syukur karya ini penulis persembahkan untuk:

- ❖ Ibu Sri Supadmi dan bapak Parmin tercinta yang telah mengasuh, mendidik, mendoakan dan mendukung dalam segala hal.
- ❖ Adik Nesa T. Devi, yang telah memberikan semangat untuk menyelesaikan studi, semoga bisa lebih baik.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Uji Performa *Counter Rotating Wind Turbine* (CRWT) Dengan Variasi Rasio Jarak Aksial Antar Rotor”**, sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu memberikan petunjuk kepada umatnya untuk selalu berjalan di jalan yang lurus dan benar.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan saran-saran dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga pada kesempatan ini ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
2. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
3. Bapak Nur Aklis, S.T., M.Eng. selaku pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, memberi petunjuk dalam penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan dan motivasi.
5. Jajaran staf dan dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

6. Bapak dan Ibu terima kasih atas segalanya, terutama untuk do'a dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan Teknik Mesin angkatan 2013 terima kasih atas dukungannya selama ini.

Akhir kata, mohon maaf, jika sekiranya terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yang disebabkan adanya keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Semoga laporan ini bermanfaat untuk pembaca.

Tugas akhir ini semoga bermanfaat khususnya bagi penulis dan pihak lain yang membutuhkan, Amiin ya Robbaall'alamiin.

Surakarta, 30 November 2017



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL	v
ABSTRAK	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Penelitian Yang Relevan	5
2.2. Landasan Teori	7
2.2.1. Turbin Angin	7
2.2.2. Daya Angin	11
2.2.3. Energi yang diekstrak turbin menurut <i>betz's</i> <i>momentum theory</i>	11
2.2.4. Tip Speed ratio.....	13
2.2.5. Daya Dan Torsi Turbin.....	15
2.2.6. Aerodinamika <i>Airfoil</i>	15

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2. Pembuatan Turbin Angin.....	18
3.2.1. Menentukan daya keluaran turbin angin	18
3.2.2. Menentukan Kecepatan Angin Maksimum	18
3.2.3. Menentukan Diameter Rotor Dan Jumlah sudu	18
3.2.4. Menentukan <i>Tip Speed Ratio</i>	19
3.2.5. Menentukan <i>Airfoil</i> Dan <i>Angle Of Attack</i>	19
3.2.6. Membuat Desain Komponen	20
3.2.7. Membuat Komponen.....	20
3.3 Peralatan Pengujian	25
3.4. Prosedur Pengujian.....	26

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Turbin Angin.....	28
4.2 Hasil Pengujian Dan Pembahasan.....	28
4.2.1. Putaran Turbin.	28
4.2.2. Daya	30
4.2.3. <i>Coefisien Of Power (CP)</i>	32

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konstruksi <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>	8
Gambar 2.2 Konstruksi <i>Vertical Axis Wind Turbine</i>	9
Gambar 2.3 Pengarah angin	10
Gambar 2.4 Kondisi aliran udara saat ekstraksi menurut teori elemen momentum	12
Gambar 2.5 Hubungan koefisien daya dengan rasio kecepatan sebelum dan setelah melewati rotor	13
Gambar 2.6 Melengkapi teori momentum dengan mempertimbangkan rotor yang berputar	14
Gambar 2.7 Perkiraan kurva daya rotor sesungguhnya dengan beberapa pendekatan teoritis	14
Gambar 2.8 Hubungan antara koefisien daya dengan TSR untuk menentukan jumlah blade.....	16
Gambar 2.9 Hubungan antara koefisien torsi dengan TSR ` untuk menentukan jumlah blade.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 motor DC 12V Hitachi 42 watt.....	18
Gambar 3.3 Rotor dengan tiga <i>blade</i>	18
Gambar 3.4 <i>Airfoil</i> NREL S826	19
Gambar 3.5 <i>Blade, Blade mold, Rotor hub, Shaft,</i> <i>slipring dan Frame</i>	20
Gambar 3.6 kayu jati.....	21
Gambar 3.7 Proses Pembuatan NC <i>Code</i>	21
Gambar 3.8 Proses <i>Machining</i>	21
Gambar 3.9 Proses pelapisan mold.....	22
Gambar 3.10 Pembuatan pola <i>Fiberglass</i>	22
Gambar 3.11 Pembuatan adonan Resin dan Katalis.....	22
Gambar 3.12 Proses pencetakan <i>blade</i>	23
Gambar 3.13 Menyatukan kedua cetakan	23
Gambar 3.14 <i>Blade</i> yang telah dilepas dari cetakan	23

Gambar 3.15 <i>Blade hub</i> dan poros.....	24
Gambar 3.16 <i>Slip Ring</i>	24
Gambar 3.17 Proses Pembuatan <i>Frame</i>	24
Gambar 3.18 Counter Rotating Wind Turbine (CRWT) yang telah dirakit	25
Gambar 3.19 Skema pengujian	26
Gambar 3.20 Skema kelistrikan data <i>logger</i>	27
Gambar 4.1 Hubungan antara sario jarak aksial dengan kecepatan rotasi rotor pada kecepatan angin 4 m/s.....	29
Gambar 4.2 Hubungan antara sario jarak aksial dengan kecepatan rotasi rotor pada kecepatan angin 3,5 m/s.....	29
Gambar 4.3 Hubungan antara rasio jarak aksial dengan daya pada kecepatan angin 4 m/s dan 3 m/s.....	31
Gambar 4.4 Hubungan antara sario jarak aksial dengan <i>Coeficien Of Power (CP)</i> pada kecepatan angin 4 m/s dan 3 m/s	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Potensi sumber energi baru terbarukan.....	2
--	---

DAFTAR SIMBOL

E_k	= Energi kinetik (Joule)
\dot{m}	= Laju aliran massa (Kg/s)
V	= Kecepatan angin (m/s)
A	= Area penangkapan angin (m^2)
Q	= Debit aliran (m^3/s)
ρ	= Massa jenis udara (Kg/m^3)
P_{angin}	= Daya angin (Watt)
CP	= <i>Coefficient Of Power</i>
ω	= Rotasi putaran kincir angin (Rad/s)
R_{rotor}	= Radius rotor kincir angin (m)
λ	= <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)
T	= Torsi rotor (Nm)